



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 04 799 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**F 16 L 59/06**

②1 Aktenzeichen: 199 04 799.5  
②2 Anmeldetag: 5. 2. 1999  
④3 Offenlegungstag: 10. 8. 2000

⑦1 Anmelder:  
Bayerisches Zentrum für Angewandte  
Energieforschung eV, 97074 Würzburg, DE

⑦2 Erfinder:  
Erfinder wird später genannt werden

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vakuumisulationspaneel in Komponentenbauweise

**DE 199 04 799 A 1**

**DE 199 04 799 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein großflächiges und kostengünstiges Vakuumisulationspaneel in Komponentenbauweise nach Anspruch 1 zur effektiven Wärmeisolation großer Flächen, insbesondere für den Einsatz im Bereich der Gebäud-

eisolierung. Die Dämmstärken können auf diese Weise um einen Faktor 5 bis 10 reduziert werden. Nach dem Stand der Technik hinreichend bekannt sind Vakuumisulationspaneele auf der Basis eines flachen Wärmedämmkörpers aus einem geeigneten pulver- oder faser-

förmigen Material (z. B. mikroporöse Kieselsäuren) oder einem offenporigen Schaum (z. B. Polystyrol, Polyurethan), der von einer Folie umhüllt und evakuiert ist. Aus DE 40 29 405 ist ein "Formkörper zur Wärmedämmung" bekannt, dessen Umhüllung aus einer gas- und wasser-dichten, aber metallfreien Folie besteht. Durch den Verzicht auf metallische Bestandteile in der Folie vermeidet man "unerwünschte" Wärmebrücken in den Randbereichen des Wärmedämmformkörpers. Niedrige Wärmeleitfähigkeiten von etwa  $8 \text{ mW}/(\text{m} \cdot \text{K})$  sind damit erreichbar. Gefordert wird eine Lebensdauer der Wärmedämmformkörper von mehr als 10 Jahren, d. h. die niedrige Wärmeleitfähigkeit und der dazu führende niedrige Innendruck des umhüllten Formkörpers muß in dieser Zeitspanne gewährleistet sein. Deshalb wird an die Umhüllung folgende Anforderung gestellt: Die Wasserdampfdurchlässigkeit darf  $0,05 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  nicht überschreiten; für die Gasdurchlässigkeiten für  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  und  $\text{CO}_2$  werden unter  $0,01 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  gefordert (gemessen bei  $23^\circ\text{C}$  und 85% relativer Feuchte;  $\text{d} = \text{Tag}$ ). Diese Gas- und Wasserdampfdichtigkeit ist jedoch nur gewährleistet, wenn die Kunststoffolie einen speziellen Schichtaufbau aufweist. Diese Folien sind jedoch aufwendig herzustellen und damit relativ teuer. Die Dicke der Folien liegt im Bereich von bis zu 1 mm, zum Teil muß das Material vor dem Einsatz als Umhüllung für Vakuumisulationspaneele durch ein Tiefziehverfahren in die entsprechende Form gebracht werden.

Vakuumisulationspaneele mit Umhüllungen aus Metall oder metallhaltigen (aluminiumhaltigen), metallbedampften oder metallkaschierten Folien sind ebenfalls bekannt. Standard-Aluminiumverbundfolien besitzen aufgrund der Metallschicht eine für die erforderliche Lebensdauer ausreichende Diffusionsdichtigkeiten für Wasser und Luft. Jedoch wird bei den schon erhältlichen Verbundfolien mit Stärken von nur  $6 \mu\text{m}$  durch die Metallschicht am Rand des Vakuumpaneels eine Wärmebrücke verursacht. Bei einem Quadratmeter Paneelfläche kann diese ähnliche Wärmeverluste hervorrufen wie der Wärmetransport über die restliche Fläche des Paneels durch die Füllung hindurch. Vakuumpaneele mit Umhüllungen aus Aluminiumverbundfolien sollten daher möglichst in Flächen größer als  $1 \text{ m}^2$  angewendet werden.

In der Regel wird ein vorgefertigter, plattenförmiger Isolationskörper aus porösem Material in einer Vakuumkammer zwischen zwei – die Umhüllung bildenden – Folien eingelegt und gegebenenfalls miteinander verpreßt. Das System wird evakuiert und die über den Isolationskörper hinausstehende Folienränder werden rundherum miteinander verschweißt. Erst durch das Vakuum bekommt das umhüllte Isolationspaneel seine mechanische Steifigkeit. Die Vakuumisulationspaneele werden bis in eine Größenordnung von ungefähr einem Quadratmeter hergestellt. Die Evakuierung großflächiger Vakuumpaneele (größer als  $1 \text{ m}^2$ ) wird jedoch sehr aufwendig, da entsprechend große Vakuumkammern zur Verfügung stehen müssen.

Größere Vakuumisulationspaneele können bisher erstellt werden, indem poröses Isolationsmaterial zwischen stabile

Edelstahlbleche eingelegt wird. Boden- und Deckbleche werden in geeigneter Weise – d. h. möglichst gering wärmeleitend – am Rand miteinander verbunden und verschweißt (siehe DE 42 14 002). Die externe Evakuierung erfolgt über eine Öffnung, bzw. ein Evakuierungsröhrchen, das sich im Randverbund oder in der Mitte einer der Abdeckbleche befindet. Aufgrund der Länge der Entgasungswege von der Evakuierungsöffnung bis zu den Randbereichen des Isolationsmaterials sind die Evakuierungszeiten – selbst bei integrierten Evakuierungskanälen – bis zu ausreichend niedrigen Gasdrücken (meist kleiner als 10 mbar) für eine industrielle Massenfertigung sehr lang. Die Nachteile der hier erwähnten Vakuumisulationspaneele liegen in der Umhüllung aus Edelstahlblech, dem aufwendigen Randverbund, dem Evakuierungsvorgang mit leistungsfähigen Pumpen und der Evakuierdauer.

Für die Zwecke der Gebäudeisolation besteht die Aufgabe, ein kostengünstiges Vakuumisulationspaneel zu entwickeln, das den Bau möglichst großflächiger Einheiten erlaubt. Das Hüllenmaterial soll kostengünstig sein, die Evakuierungstechnik einfach, der Herstellungszeitraum, bzw. Evakuierungszeitraum kurz. Zudem soll die Größe und gegebenenfalls die Form variabel sein, d. h. außer rechteckigen sollten auch dreieckige Paneele (z. B. für den Giebelbereich) herstellbar sein. Die Formen der Vakuumisulationspaneele sollen an die Gebäudemaße angepaßt werden können; die Paneele sollen zumindest Stockwerkshöhe (ca. 3 m) erreichen können.

Die an die Gebäudeisolation gesetzten Anforderungen werden durch das Vakuumisulationspaneel in Komponentenbauweise erfüllt. Erfindungsgemäß besteht es aus mehreren kleineren Vakuumdämmpaneelen, die in eine gemeinsame Umhüllung eingebracht sind.

Diese inneren Vakuumdämmpaneele bestehen auf der Basis poröser Isoliermaterialien (siehe 3, Fig. 1 und 2) mit einer gering wärmeleitenden handelsüblichen Umhüllung (2), deren Diffusionsdichtigkeit gewährleistet, daß der für die Wärmeisolation erforderliche Vakuumdruck (z. B. 1 mbar bis 5 mbar bei einer Füllung aus verpreßter, mikroporöser Kieselsäure) wenigstens ein paar Tage aufrecht erhalten werden kann. Diese, eher geringen Anforderungen an die Gas- und Wasserdampfdichtigkeit werden schon von billigen Standardverpackungsfolien aus Kunststoff (z. B. aus Polypropylen oder Polyethylen) garantiert. Die Gasdurchlässigkeit dieser Folien beträgt  $1 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ , die Wasserdampfdurchlässigkeit ist  $1 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ , d. h. nach 50 Tagen würde ungefähr ein Druckanstieg von 5 mbar zu verzeichnen sein. Die geringe Wärmeleitfähigkeit der Folien ist gegeben, wenn die Folien völlig metallfrei sind oder höchstens eine Metallbedampfung vorliegt, deren Schichtdicke kleiner als  $1 \mu\text{m}$  ist.

Die inneren Vakuumdämmpaneele werden in Vakuumkammern üblicher Größe hergestellt und übersteigen kaum die Größe von etwa einem Quadratmeter. Mehrere Komponenten können sowohl nebeneinander (Fig. 1) oder versetzt aufeinander gelegt (Fig. 2) zu größeren Einheiten zusammengefügt werden. Die Größe der Vakuumisulationspaneele kann dabei variabel an die Erfordernisse der Gebäudeisolation angepaßt werden. Innerhalb weniger Tage – bevor zuviel Gas durch die Hülle diffundiert – müssen die vorgefertigten, inneren Vakuumdämmpaneele von einer zusätzlichen Metallfolie oder einem Metallblech (z. B. Edelstahl) oder einer metallhaltigen und für mehrere Jahre diffusionsdichten Folie (z. B. Aluminiumverbundfolie) umhüllt (1). Die Aluminiumverbundfolie wird wiederum versiegelt oder verklebt (4) und durch eine Öffnung, bzw. durch ein Metallröhrchen wird nach Stand der Technik der verbleibende Zwischenraum zwischen den kleineren Vakuumdämmpanee-

neelen und der äußeren Folie – auf einen Innendruck von etwa 1 mbar evakuiert. Dazu ist eine handelsübliche Vakuumpumpe mit einer Leistung von 1 kW völlig ausreichend. Eine kurze Evakuierungszeit ist mit dem dargestellten Verfahren also auch bei großen Paneelflächen problemlos erreichbar, da in den Zwischenräumen das Restgas gut strömen kann. Da das verbleibende Volumen zwischen der äußeren Aluminiumverbundfolie und der Umhüllung der kleineren Vakuumdämmpaneele sehr gering ist, reicht im Prinzip beim Evakuieren sogar ein Enddruck von einigen hundert mbar aus, um langfristig ein Vakuum von unter 10 mbar in den mit porösen Wärmedämmplatten gefüllten kleineren Vakuumdämmpaneelen zu gewährleisten. Mit der Zeit wird sich der Gasdruck innerhalb der Platten mit dem Gasdruck zwischen Aluminiumverbundfolien und metallfreier Folie ausgleichen, da der Gasdiffusionswiderstand der Aluminiumverbundfolie zur Außenluft sehr viel größer ist, als der der metallfreien oder der nur dünn metallbedampften Folie. Als Enddruck wird der der Innenplatten erreicht. Zusammengefaßt wird voll der äußeren metallhaltigen Folie oder Metallfolie verlangt, daß ihre Diffusionsdichtigkeit un- mindestens einen Faktor 5 besser ist, als die Diffusionsdichtigkeit der Folien der inneren Vakuumdämmpaneele.

Die großflächigen Vakuumisulationspaneele können zur Stabilitäts- und zum Schutz vor Verletzung der Außenfolie mit Abdeckungen aus festen Platten, beispielsweise Glasplatten, Metallblechen, Kunststoff Holzplatten kombiniert werden. Abdeckungen erleichtern die Integration eines großflächigen Vakuumisulationspaneels in die Fassade eines Gebäudes, sowohl zur Innen- als auch zur Außendämmung.

Zur einfachen Herstellung der Vakuumisulationspaneele ist es von Vorteil, die metallhaltige Folie schon vor der Umhüllung der kleineren Vakuumdämmpaneele mit der Abdeckplatte zu verkleben (mit Überstand). Die Vakuumdämmpaneele werden dann nur noch zwischen die mit Folien beklebten Abdeckplatten gelegt und die Folien am Rand miteinander versiegelt.

Eine weitere Variante wäre ein Vakuumisulationspaneel mit einer zusätzlichen stabilisierenden Einlage aus steifem Material (z. B. Karton, Hartfaserplatten, dünne Holz- oder Kunststoffplatten) zwischen Außenfolie und den inneren kleineren Vakuumdämmpaneelen. Dabei kann auch eine Knitterbildung der Aluminiumverbundfolie weitgehend vermieden werden.

#### Ausführungsbeispiel

Die Füllung der inneren Vakuumdämmpaneele ist eine faserverstärkte, verpreßte Pulverplatte aus pyrogener Kieselsäure und dem Infrarottrübungsmittel SiC (Fa. Wacker).

Als metallfreie Hülle findet die Kunststoff-Folie Typ Multifol GVA100 der Firma Südpack Verwendung (Dichtigkeit für  $H_2O$ :  $1,5 \text{ g/m}^2\text{d}$ , Dichtigkeit für  $N_2$  und  $O_2$ :  $2 \text{ cm}^3/\text{m}^2\text{d}$ , bzw.  $3,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2\text{d}$ ). Die umhüllten Pulverplatten werden auf einen Druck von unter 1 mbar in einer Vakuumkammer evakuiert, die Versiegelung der Folie erfolgt mit einer Heizzange. Die Größe dieser Vakuumdämmpaneele beträgt ca.  $50 \text{ cm} \cdot 100 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm}$ .

Die Außenumhüllung ist eine Kunststoff-Aluminiumverbundfolie Typ Climapac IV der Firma Flöter Verpackungsservice mit einer  $7 \mu\text{m}$  Aluminiumsperrschicht. Sechs vorgefertigte kleinere Vakuumdämmpaneele werden nebeneinandergelegt zu einer Einheit der Größe von ca.  $1 \text{ m} \cdot 3 \text{ m}$ . Nach der Umhüllung mit der Aluminiumverbundfolie wird der Zwischenraum zwischen Außenfolie auf ca. 0,5 mbar evakuiert. Mit einer Abdeckplatte aus Styropor ist die großflächige Vakuumisulationspaneel einbaufertig.

#### Patentansprüche

1. Vakuumisulationspaneel auf der Basis von eingehülltem und evakuiertem, plattenförmigem Isolationsmaterial, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere, evakuierte, von wenig diffusionsdichten Folien eingehüllte Vakuumdämmpaneele von einer gemeinsamen äußeren, besser diffusionsdichten metallhaltigen Folie oder Metallfolie eingehüllt sind und daß der Zwischenraum zwischen der metallhaltigen Folie oder Metallfolie und den damit umhüllten inneren Vakuumdämmpaneelen evakuiert ist.
2. Vakuumisulationspaneel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusionsdichtigkeit der äußeren metallhaltigen Folie oder Metallfolie mindestens um einen Faktor 5 besser ist als die Diffusionsdichtigkeit der Folie, die die inneren Vakuumdämmpaneele einhüllt.
3. Vakuumisulationspaneel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die metallhaltige Folie eine Kunststoff-Aluminium-Verbundfolie ist.
4. Vakuumisulationspaneel nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die kleineren Vakuumdämmpaneele in mehreren Schichten aufeinander, ziegelsteinartig versetzt sind.
5. Vakuumisulationspaneel nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den inneren, kleineren Vakuumdämmpaneelen und der äußeren, metallhaltigen Folie eine das Vakuumisulationspaneel stabilisierende Platte eingelegt ist.
6. Verfahren zur Herstellung von Vakuumisulationspaneelen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zuerst die metallhaltige Folie oder Metallfolie auf eine Abdeckplatte geklebt wird, daß anschließend die vorgefertigten kleineren Vakuumdämmpaneele zwischen diese mit Folie beklebte Abdeckplatte und einer weiteren metallhaltigen Folie oder einer weiteren mit Folie beklebten Abdeckplatte eingelegt werden und daß abschließend die metallhaltigen Folien miteinander versiegelt oder verklebt werden und der Zwischenraum zwischen den metallhaltigen Folien und den kleineren Vakuumdämmpaneelen evakuiert wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

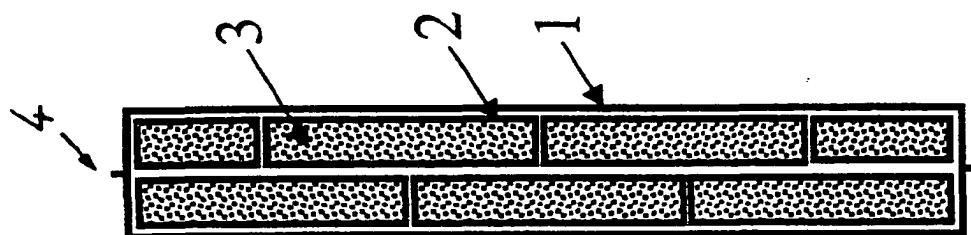


Fig. 2

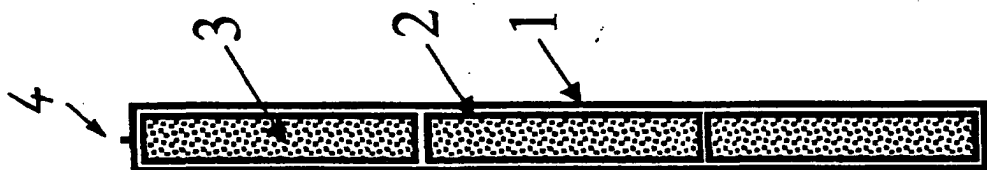


Fig. 1